

УДК 681.511

О.А.Савицький, студент гр. ПГ – 61 ,к.т.н. доцент П.С. Мироненко
КПІ ім.Ігоря Сікорського

ЕЛЕКТОМЕХАНІЧНІ ПРИВОДИ МАЛОРОЗМІРНИХ БПЛА

Анотація. В сучасному світі безпілотні літальні апарати (БПЛА) набувають все більшу популярність в якості легких і недорогих засобів для проведення різних досліджень, пов'язаних з екологічною та сільськогосподарською діяльністю, повітряних зйомок при здійсненні моніторингу місцевості, включаючи і вирішування завдань військового призначення. Головна перевага таких літальних апаратів – виключення людського фактору при розв'язанні поставлених завдань. Проектування таких засобів відбувається в умовах підвищених вимог до тактико – технічних та масогабаритних характеристик. В роботі представлено огляд найпоширеніших рішень в проектуванні електромеханічних приводів та спричинених цим переваг та недоліків різних типів БПЛА.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, електромеханічний привод, рульовий привод.

ВСТУП

Розширення можливостей сучасних малорозмірних БПЛА, що призначені для польотів з підвищеною швидкістю в суттєво розширеній області траєкторій та в умовах дії збурень, вимагає для забезпечення високої якості управління суттєвого підвищення ступеня їх ефективності. Управління такими складними динамічними об'єктами повинно ґрунтуватися не тільки на використанні відомих принципів і законів управління, але і на урахуванні конструктивних особливостей елементів апаратів, особливо рульового приводу. Це вимагає як модернізацію відомих прогресивних рішень, так і пошуку нових нетрадиційних засобів керування.

Таким чином, одним з актуальних завдань проектування сучасних високоманеврових малорозмірних безпілотних літальних апаратів для управління елеронами на всіх режимах їх функціонування, є проектування такого бортового рульового приводу, в якому забезпечується такі основні конструктивно –технологічні та експлуатаційні характеристики:

- простота конструктивного виконання;
- надійна довготривала робота в умовах зовнішніх збурень.

А також наступні техніко – економічні показники:

- високі масо габаритні характеристики;
- високі значення швидкості та кута відхилення рулів;
- відсутність люфтів;
- енергоефективність.

ОГЛЯД І АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

Основні технічні рішення побудови рульових приводів БПЛА, що представлені в літературі, можна умовно поділити на рульові приводи, в яких використовують електромеханічний привод в парі з гвинтовим або кулачковими механізмами, а також приводи, що використовують електромагнітні перетворювачі, які працюють в режимі безперервних перемикачів.

Кінематичні схеми, що ілюструють електромеханічний рульовий привод з гвинтовою передачею, представлено рис.1,2.

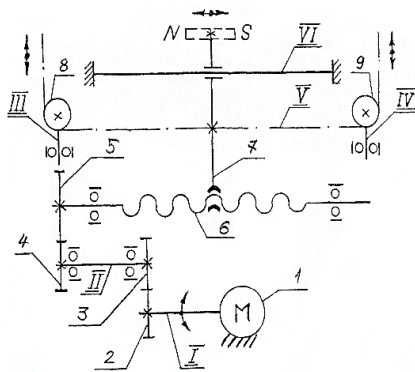


Рис. 1. Схема рульового приводу з гвинтовою передачею

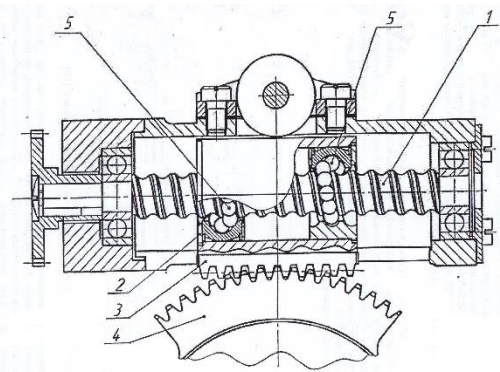


Рис. 2. Кульковогвинтовий механізм рульового приводу

При проектуванні рульового приладу за схемою, представленою на рис.1, найбільш важливим етапом в проектуванні редуктора є розподілення загального передаточного відношення по ступеням i_{23} та i_{45} (рис. 1.) Таке розподілення загального передаточного відношення проводиться з умов:

- мінімуму масогабаритних характеристик редуктора,
- потрібної точності передачі,
- забезпечення мінімальних величин моментів інерції зубчастих колес.

Рульові приводи з гвинтовою передачею у випадку габаритних обмежень можуть бути побудовані також з використанням планетарного механізму. Як указано в [1], використання планетарних редукторів, побудованих по схемі з двома корончастими і спареним сателітом, дає вигоду по габаритам і по масі приблизно вдвічі.

При використанні кулькогвинтового механізму суттєво зменшується сила тертя, але збільшується вага приводу. Конструкція виконуючого механізму з кулькогвинтовою передачею наведені на рис. 2, де 1 – гвинт кулькогвинтової передачі, 2 – сепаратор, 3 – ходова гайка кулькогвинтової передачі, 4 – зубчастий сектор вихідного валу, 5 – кульки.

При проектуванні кулькогвинтової передачі за базовий параметр приймається діаметр кульки, який визначається необхідною навантажувальною здатністю передачі, і через нього визначаються основні розміри передачі.

Заслуговує на увагу також ідея побудови виконуючого механізму рульового приводу маломірного літального апарату на основі використання хвильової передачі з тілами кочення [1]. В таких механізмах для зменшення габаритів використовується кінематична схема з нерухомим сепаратором, що дозволяє використовувати жорстке колесо як зовнішню обойму радіального підшипника. При розрахунках хвильової передачі за базовий розмір також береться розмір тіл кочення, а інші розміри виражають через цей параметр. Зменшення габаритів досягається розміщенням всередині вихідного ступеня передачі, причому перша ступінь механізму розміщена послідовно з електричним двигуном.

На рис.4 представлена кінематична схема основного механізму бортового рульового приводу управління елеронами безпілотного літального апарату. Для зниження лобового опору запропоновано конструктивне виконання електромеханічного приводу елерона з урахуванням інтеграції його в крило БПЛА [3]. Для передачі зусилля від електромеханічного приводу до елерона розроблена

кінематична схема на базі просторового кулачкового механізму барабанного типу. Такий механізм складається з кулачка 1, що жорстко закріплений на осі 3. Вісь 3 з'єднана з віссю двигуна і передає обертальний момент на качалку 2. Для управління елероном крила в електромеханічній системі можуть використовуватись як двигуни постійного току, так і крокові двигуни [6].

Основні переваги крокового двигуна в порівнянні колекторним : висока надійність, швидкий старт і реверс та широкий діапазон швидкостей.

Відомо, що трудомісткість виготовлення рульового приводу БПЛА з джерелом живлення досягає 40% від трудомісткості виготовлення самих безпілотників. Тому спрощення конструкцій приводів є актуальною задачею. Така конструкція приводу з поляризованим електромеханічним перетворювачем, що працює в режимі безперервних перемикань з повним ходом якоря, представлена на рис.3 [2]. Особливістю конструкції є наявність однієї обмотки на рухомому якорі, що суттєво покращує його масогабаритні параметри, а також відсутність комутуючих контактів. Основні елементи приводу з імпульсним керуванням: 1 – постійні магніти; 2 – магнітопровід; 3 – якорь; 4 – рулі; 5 – пружина; 6 – обмотка; 7 – вал; 8 – полюсні наконечники. Основні переваги імпульсного рульового приводу - надійність і компактність .

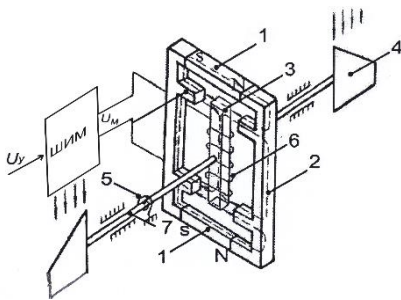


Рис. 3. Схема електромагнітного приводу БПЛА

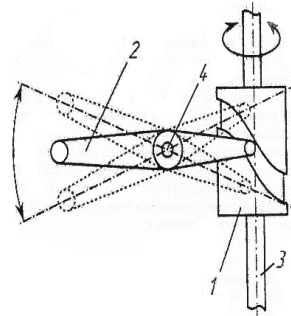


Рис. 4. Схема кулачкового приводу БПЛА

Аналіз технічної і патентної літератури свідчить, що з метою зменшення масогабаритних характеристик, вартості виробництва та експлуатації рульового приводу при забезпеченні його високої швидкодії в широкому діапазоні навантажень в останній час для контурів стабілізації та керування БПЛА все частіше використовують приводи з п'єзоелектричним двигуном. Такі п'єзоприводи програють електромагнітним двигунам по потужності, а МЕМС мікромоторам - по ступені мікромініатюризації. В той же час, основна перевага п'єзомоторів – можливість прямого позиціонування з мікронною точністю, мала вага, безінерційність і практично необмежений термін роботи.

Так в університеті м. Конкук (Ю. Корея) для використання в конструкції малогабаритного безпілотного літального апарату розроблена система повороту площини руля висоти на основі використання п'єзоелектричного лінійного двигуна [5]. Для зменшення ваги основні елементи приводу були виготовлені з композитних матеріалів . При напрузі 200 В мали такі робочі характеристики:

- при відсутності аеродинамічного навантаження реальна величина відхилення рулів - $\pm 7,10$;
- при швидкості руху БПЛА 5 м/с і незмінній напрузі живлення $\pm 5,50$.

Університетом штату Канзас (США) також були розроблені п'єзоелектричні пристрої привода аеродинамічних рулів малорозмірного літального апарата. В конструкції таких виконуючих пристроїв використовувався попередньою напружений (стиснутий) п'єзоелектричний елемент з подальшим навантаженням його зусиллям згину. Як указано в роботі [6], потужність такого приводу становила 24 Вт, а маса - не перевищувала 60 г.

ВИСНОВКИ

У даній роботі розглянуто конструктивні схеми побудови приводів елеронів малорозмірних безпілотних літальних апаратів. Представлені можливі варіанти конструкцій, виділені їх переваги і недоліки та проаналізовані тенденції розвитку. Заслужовують на увагу рульові приводи, побудовані з використанням п'єзоелектричних лінійних двигунів, що мають очевидні переваги по масогабаритним і енергозберігаючим параметрам та простоті конструктивного виконання, що актуально саме для малорозмірних БПЛА.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Крылов Н.В. Анализ массогабаритных показателей электромеханических рулевых приводов с различными типами механических передач / Н.В.Крылов, С.Л. Самсонович, В.С.Степанов//Известия Тул ГУ. Технические науки.-2012.- Вып.1.-С. 26-31.
- [2] Варенов А.А. Структура и динамическая модель электропривода с импульсным управлением для беспилотного летательного аппарата мониторинга энергообъектов / А.А.Варенов // Проблемы энергетики.- 2013.- № 5-6.- С.78 – 83.
- [3] Батищев Д.В. Электромеханический привод для управления элеронами летательного аппарата /Д.В.Батищев, А.А. Гуммель, К.Р. Гильмияров// Известия вузов. Северо – кавказский регион. Технические науки.-2014.- №1.- С.74 - 78.
- [4] Design of elevator control surface actuated by LIPCA for small unmanned air vehicle: Докл. [Conference on Smart Structures and Materials 2006 "Smart Structures and Integrated Systems", San Diego, Calif., 27 Febr.-2 March, 2006] / Yoon K. J., Setiawan Hery, Goo N. S. // Proc. SPIE. - 2006. - № 6173. - С. 61730D/1- 61730D/8.
- [5] Post-buckled precompressed (PBP) piezoelectric ac- 10 tuators for UAV flight control: Докл. [Conference on Smart Structures and Materials 2006 "Smart Structures and Integrated Systems", San Diego, Calif., 27 Febr.-2 March, 2006] / Vos Roelof, Barrett Ron, Krakkers Lars, van Tooren Michel // Proc. SPIE. - 2006. - № 6173. - С. 61730E/1-61730E/12.
- [6] Рулевой привод летательных аппаратов / Соколовский Г. А., Бажан А. Н., Тимохин А. И. (ФГУП ГосМКБ "Вымпел" им. И. И. Торопова) // Проблемы совершенствования робототехнических и интеллектуальных систем летательных аппаратов: Сборник докладов 6-й Всероссийской научно-технической конференции, Москва, 21-23 мая, 2002. - М.: Изд-во МАИ, 2002. - С. 257-261.